

유치와 영구치에서 치과용 접착제의 전단결합강도

최진영 · 최남기 · 박영준* · 최충호** · 양규호

전남대학교 치의학전문대학원 소아치과학교실, *치과재료학교실,
**예방치과학교실, 치의학연구소 및 2단계 BK21 사업단

국문초록

본 연구에서는 최근에 개발된 치과용 접착제를 대상으로 유치와 영구치의 법랑질과 상아질에 대한 결합력을 비교 평가하여 임상에서 상아질 접착제를 적절하게 선택하는데 도움을 주고자 시행하였다. 실험재료로 Adper Scotchbond Multi-purpose Plus Adhesive (SM; 3M ESPE, USA), Adper Single bond 2 (SB; 3M ESPE, USA), Clearfil SE Bond (SE; Kuraray Medical Inc., Japan), Adper Prompt L-Pop (PL; 3M ESPE, USA), G-Bond (GB; GC Cooperation Toyko, Japan)를 이용하여 전단결합강도를 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유치 법랑질에서 전단결합강도는 SM이 28.47 ± 7.93 MPa로 가장 높았고 SB (28.18 ± 6.84), PL (24.02 ± 6.14), SE (21.70 ± 6.56), GB (17.70 ± 6.68) 순이었다. SM과 SB는 SE보다 통계적으로 유의하게 높은 결합강도를 보였으며, SM, SB, PL은 GB보다 높았다($p < 0.05$).
2. 유치 상아질에서 전단결합강도는 SE가 28.72 ± 14.44 MPa로 가장 높았고, PL (20.10 ± 6.13), SM (17.72 ± 10.65), SB (15.48 ± 2.66), GB (10.10 ± 5.45) 순이었으며 SE와 GB간에는 유의한 차이가 있었으나, 다른 군들 간에는 유의한 차이가 없었다.
3. 영구치 법랑질에서의 전단결합강도는 SB가 28.36 ± 5.68 MPa로 가장 높았고 SM (22.77 ± 4.63), PL (22.05 ± 6.57), SE (21.74 ± 4.62), GB (15.60 ± 6.75) 순이었다. SB는 다른 접착제보다 통계적으로 유의하게 높은 결합력을 나타냈으며, GB는 가장 낮은 결합력을 보였다($p < 0.05$).
4. 영구치 상아질에서의 전단결합강도는 SM이 28.22 ± 5.56 MPa로 가장 높았고, SB (21.68 ± 7.44), SE (20.13 ± 9.88), GB (14.30 ± 6.81), PL (14.18 ± 5.88) 순이었으며, SM은 PL, GB와 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
5. 유치의 법랑질과 상아질 간에는 SM, SB, GB에서 유의한 차이가 있었고, 영구치 법랑질과 상아질 간에는 PL에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
6. 유치 법랑질과 영구치 법랑질 간에는 모든 접착제에서 유의한 차이가 없었으나, 유치 상아질과 영구치 상아질 간에는 SM과 SB에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

주요어 : 복합레진, 치과용 접착제, 전단결합강도

I. 서 론

교신저자 : 최 남 기

광주광역시 동구 학동 8번지
전남대학교병원 소아치과학교실

Tel: 82-62-220-5476

E-mail: nkchoi@chonnam.ac.kr

최근 환자들의 심미적 치료에 대한 관심이 증가하면서 영구치뿐만 아니라 유치에서도 복합레진 등의 심미적 수복재 사용이 크게 증가하고 있다.

1955년 Buonocore¹⁾가 법랑질 산 부식 후 아크릴릭 레진의 접착강도가 증가했다는 보고를 한 이후에 지금까지 법랑질에

대한 접착의 기본 개념은 크게 변화하지 않았다. 35% 전후의 인산을 이용하여 법랑질 면을 15초에서 20초간 부식시키고 수세한 뒤 건조시키고 필러가 소량 혹은 들어있지 않은 접착레진을 바르고 중합시킨 뒤 복합레진을 올리면 접착이 된다. 이러한 산 부식을 이용한 법랑질 접착은 산 부식 후 만들어지는 법랑질 표면의 미세한 틈에 복합레진이 결합하는 기계적인 결합으로 미세누출도 어느 정도 감소하는 것으로 알려져 있다. 법랑질에의 접착은 때로는 법랑질 자체의 강도를 넘어서는 결합력을 보이는 경우도 있을 정도로 매우 안정적이다.

상아질은 법랑질과 달리 조성과 구조가 복잡하여 법랑질과 같이 산 부식을 하는 것만으로는 좋은 접착을 이룰 수 없다. 상아질에는 상아세관이 있어 끊임없이 수분이 올라오는 구조이며 콜라겐섬유와 같은 유기물이 다량 포함되어 있고 기구를 이용하여 삭제를 하는 경우 도말층(smear layer)이 생기게 된다. 이러한 이유로 상아질 접착에 대한 초기 연구는 많은 어려움이 있어왔으며 1980년대 후반이 되어서야 그 개념이 정리되었다. 일반적으로 4세대 상아질 접착시스템으로 알려져 있는 3단계의 상아질 표면처리 개념을 바탕으로 현재 상용하고 있는 접착제들이 개발 되었다. 상아질에 대한 접착은 친수성이고 다양한 구조를 가지는 상아질을 점차 소수성으로 변화시킨 뒤 상아질의 여러 구조 속으로 복합레진 성분이 스며들게 하는 개념을 가지고 있다. 이 과정 중에 법랑질에서와 같이 산 부식과정이 제일 먼저 이루어지기 때문에 법랑질과 상아질을 동시에 산 부식하는 Total-etch라는 개념이 적용된다. 산 부식을 하고 수세를 하게 되면 상아세관과 상아세관 사이의 관상상아질 표면은 무기질이 일부 빠져나가고 콜라겐 섬유의 네트워크가 남게 된다. 이 네트워크 사이로 물을 치환하면 친수성과 소수성을 모두 띠는 primer를 따라 스며들게 되며 adhesive agent를 바르면 primer를 따라 좀 더 소수성인 adhesive agent가 스며든다. 이렇게 물이 있던 공간에 소수성인 성분들이 스며들고 그곳에 복합레진이 접착을 하게 된다. 결국 상아질에 대한 접착도 어떻게 보면 화학적 결합이라기보다는 물리적 결합이라고 보는 것이 옳을 것이다. 이 과정 중에 콜라겐섬유와 레진성분이 혼재되어 있는 층을 혼성층(hybrid layer)이라 부르며 상아세관내로 유입된 부분을 resin tag라고 부른다²⁾. 이 과정을 모두 거치는 것이 4세대 접착제이다.

이러한 상아질 접착시스템의 접착개념을 기본으로 하여 최근의 상아질 접착제는 많은 변화가 이루어져왔다. 산 부식, 수세, priming, adhesive agent 도포 등의 과정이 시간이 걸리고 사용 중에 혼동을 할 가능성이 있고 술식이 술자의 능력에 따라 민감하다는 이유로 최근의 치과용 접착시스템은 보다 줄어든 단계와 적용과정을 목표로 발전하였다.

최근에는 물로 수세하는 과정이 없어 간편하고 도말층을 제거하지 않고 변형시키기 때문에 지각과민이 덜 생긴다는 이유로 산 부식과 유사한 효과를 나타내는 성분을 접착제 내부에 포함한 자가 산 부식형 접착제가 각광을 받고 있다. 하지만 법랑질에 대한 자가 산 부식 접착제의 접착력은 실험적으로는 total

etch를 하는 접착제에 비해 낮은 결과를 보여주는 경우도 있다.

5세대 상아질 접착제에는 프라이어와 접착제 도포를 한 과정으로 하는 one bottle system과 산 부식과 프라이밍을 한 과정으로 하는 self-etching primer system이 포함된다.

Kanca³⁾와 Gwingnett⁴⁾은 이 두 가지 방법 모두 탈회된 상아질의 collagen collapse를 방지하고 혼성층 형성에 유리하여 결합력이 개선된다고 하였다

6세대 상아질 접착제는 산부식과 프라이머, 접착제를 혼합하여 한 번의 적용으로 사용하는 all-in-one system이다. 이들 접착제는 복잡한 과정을 단순화할 뿐만 아니라, 산 부식 후 수세의 과정이 생략되므로 행동조절이 어렵고, 진정요법 하에서 치료를 받고 있는 환자에서 소음과 자극을 줄여줄 수 있다. All-in-one 접착 시스템인 자가산부식 접착시스템에 대한 상아질과의 결합강도는 total-etch 접착시스템보다 낮은 결합강도를 보이며⁵⁾, 2단계 자가산부식 프라이머 시스템보다도 낮거나 같다고 보고된 바 있다^{6,7)}. 따라서 아직까지 이들 접착제의 결합력에 대해서는 논란이 많으며 결합력 향상을 위해 개발 중에 있다.

최근에 개발된 7세대 접착제는 6세대와 달리 산 부식, 프라이머, 접착제를 혼합 없이 한 번에 적용하게 된다. 모든 과정이 한 단계로 끝나는 장점이 있어, 행동조절이 어렵고 시술시간에 제한을 받는 소아 환자에서는 흥미로운 재료이다.

7세대 상아질 접착제에 대한 연구를 보면 강 등⁸⁾은 유치 상아질에서, 구와 차⁹⁾는 영구치 상아질에서, Atash 와 Abbeele¹⁰⁾는 유치의 법랑질과 상아질에서 비교하였는데, 유치와 영구치를 동시에 비교한 연구는 드물었다.

상아질 접착제에 대한 연구는 인간의 유치와 영구치 그리고 동물의 치아¹⁰⁻²⁰⁾ 대상으로 행해져 왔는데, 영구치에 대한 상아질 접착제의 결합력에 대한 보고는 많이 있었으나^{9,21-38)}, 유치에 대한 결합력에 대한 연구는 부족한 실정이며^{8,10,39-43)} 유치와 영구치에 접착제의 결합력 비교 또한 과거에 일부 있었으나, 최근의 접착제에 대한 비교연구는 희소한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 최근에 개발된 치과용 접착제들을 대상으로 유치와 영구치의 법랑질과 상아질에 대한 결합력을 비교 평가하여 임상에서 상황에 따라 적절한 상아질 접착제를 선택하는데 도움을 주고자 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용된 접착제로는 Adper Scotchbond Multipurpose Plus Adhesive (SM; 3M ESPE, USA), Adper Single bond 2 (SB; 3M ESPE, USA), Clearfil SE Bond (SE; Kuraray Medical Inc., Japan), Adper Prompt L-Pop (PL; 3M ESPE, USA), G-Bond (GB; GC Cooperation Toyko, Japan) 였으며, 충진용 복합레진은 Z350 (3M ESPE, USA) A3 shade를 사용하였고 Elipar

FreeLight 2 (3M ESPE St. Paul, MN, USA)로 광중합 하였다. 실험에 사용된 치아는 최근에 발거된 치아로서 치아우식이나 충전물이 없는 유구치 50개와 영구구치 50개를 0.1% thymol용액에 저장 보관하여 사용하였다. 법랑질과 상아질 시편은 협설면으로 나누어 20개의 군으로 나누었고 각 군당 10개씩 총 200개의 시편을 제작, 실험하였다(Table 1).

2. 시편제작

우식에 이환되지 않은 발거된 유구치와 영구구치를 협설면을

나누고 Stainless steel mold(2.5cm × 1.5cm)를 이용하여 아크릴릭 레진 블록(Orthodontic resin, Dentsply)에 포매하고 증류수에 실은 보관하였다. 순설측면에서 노출된 법랑질과 상아질 직경이 3mm 이상이 되도록 레진블록을 Polisher (Buehler)와 #600 grit SiO₂ paper를 사용하여 연마 후 증류수에 실은 보관하였다. 준비된 시편의 노출된 법랑질과 상아질 면에 5종의 상아질 접착제를 제조사의 지시에 따라 도포 후 10초간 광중합하여 각각 10개씩 시편을 준비하였다. 플라스틱 몰드(2.0mm × 2.5mm)를 블록위에 고정하고 복합레진(Z350, A3)를 충전한 후 Freelight 2로 10초간 광중합하였다(Table 2).

Table 1. Bonding systems in this study

Materials	Manufacturer	Composition	Lot number
Scotchbond Multi-Purpose Plus	3M ESPE, USA	Primer: HEMA, polyalkenoic acid copolymer, water Adhesive : Bis-GMA, HEMA, initiator, amine, water, ethanol	20060221
Adper Single Bond 2	3M, ESPE, USA	Hema, Bis-GMA, dimethacrylates, polyalkenoic acid copolymer, CPQ photoinitiator, ethanol, water 5mm silica nanofiller	20050816
Kuraray, Japan SE Bond	Kuraray, Japan	Primer : MPD, HEMA, hydrophilic DMA, CQ, N,N-Diethanol-p-toluidine, water Adhesive : MDP, Bis-GMA, hydrophobic dimethacrylate, HEMA, CQ, toluidine, silanated colloidal silica	51324
Adper Prompt L-Pop	3M, ESPE, USA	Liquid A : methacylated phosphric ester, Bis-GMA, initiators based on CQ, stabilizer Liquid B : water, HEMA, polyalkenoic acid, stabilizer	237144
G-Bond	GC, Japan	4-Methacryloxyethyltrimellitate anhydride Urethane dimethacrylate Dimethacrylate component Phosphoric ester monomer	0603201

Table 2. Application protocol in the study

Bonding agents	Etching	Rinsing/Dry	Priming/Dry	Adhesive	Light curing
Scotch Bond Multi-purpose Plus(SM)	etchant (15s)	rinse(15s) dry(2s)	primer dry(5s)	adhesive	10s
Adper Single Bond 2(SB)	etchant (15s)	rinse(15s) dry(2s)	primer/adhesive dry(5s)		10s
Clearfil SE bond(SE)		self etching/ priming(20s)/dry(3s)		adhesive /dry(5s)	10s
Adper Propmpt L-pop(PL)		Mixing, Squeezing (5s mixing)/rubbing (finger pressure +15s/ thoroughly dry (two times)			10s
G-bond(GB)		No mixing gentle rubbing (10s wait, 5s dry)			10s

3. 전단결합강도 측정

시편은 37℃ 증류수에 24시간 보관한 후 5℃와 55℃에서 10 초씩 1000회 thermocycling을 시행하였다. Crosshead speed 1mm/min의 조건으로 시편을 template에 고정시켜 universal testing machine(Instron Corp., Canton, MA, USA)를 사용하여 최대하중값을 측정하였고, 상아질과의 접착 단면적을 이용하여 전단 결합강도 값을 계산하였다.

4. 통계처리

Kruskal-Wallis test를 이용해서 5종류의 상아질 접착제 간 전단결합강도를 비교하였고, 접착제간의 유의성 여부는 Mann-Whitney test로 구별하였으며, 각 접착제마다 유치와 영구치간의 비교를 위해서는 Mann-Whitney test를 사용하였고 통계처리프로그램은 Window용 SPSS 10.1을 이용하였다

Ⅲ. 연구성적

1. 유치와 영구치의 법랑질과 상아질에서의 접착제의 전단결합강도

유치 법랑질에서의 전단결합강도는 SM이 28.47±7.93 MPa로 가장 높았으며, SB (28.18±6.84), PL (24.02±6.14), SE (21.70±6.56), GB (17.70±6.68) 순이었다.

SM과 SB는 SE보다 통계적으로 유의하게 높은 결합강도를 보였으며 (p<0.05), SM, SB, PL은 GB보다 높았다. SE와 GB 간에는 유의한 차이가 없었다.

유치 상아질에서의 전단결합강도는 SE가 28.72±14.44 MPa로 가장 높았으며, PL (20.10±6.13), SM (17.72±10.65), SB (15.48±2.66), GB (10.10±5.45) 순이었고, SE와 GB간에는 유의한 차이가 있었지만 다른 군 간에는 유의한 차이가 없었다.

영구치 법랑질에서의 전단결합강도는 SB가 28.36±5.68 MPa로 가장 높았으며, SM (22.77±4.63), PL (22.05±6.57), SE (21.74±4.62), GB (15.60±6.75)순이었다.

SB는 다른 접착제보다 통계적으로 유의하게 높은 결합력을 나타냈으나 (p<0.05), SM, SE, PL간에는 차이가 없었으며, GB는 다른 모든 접착제보다 낮은 결합력을 보였다.

영구치 상아질에서의 전단결합강도는 SM이 28.22±5.56 MPa로 가장 높았으며, SB (21.68±7.44), SE (20.13±9.88), GB (14.30±6.81), PL (14.18±5.88)순이었다.

SM은 PL, GB와 유의한 차이가 있었으나 (p<0.05), SB, SE, PL, GB 간에는 차이가 없었다(Table 3).

2. 유치 법랑질과 상아질의 비교

SM, SB, GB는 유치법랑질과 상아질간의 유의한 차이가 있었으나 (p<0.05), SE와 PL은 유치 법랑 질과 상아질간의 유의한 차이가 없었다(Fig. 1).

3. 영구치 법랑질과 상아질 비교

PL은 영구치 법랑질과 상아질 간에 유의한 차이가 있었으나 (p<0.05), SM, SB, SE, GB는 영구치 법랑질과 상아질 간의 유의한 차이가 없었다(Fig. 2).

4. 유치 법랑질과 영구치 법랑질 비교

유치 법랑질과 영구치 법랑질 간에는 모든 상아질 접착제에서 유의한 차이가 없었다(Fig. 3).

5. 유치 상아질과 영구치 상아질 비교

유치 상아질과 영구치 상아질 간에는 SM과 SB에서는 유의한 차이가 있었으나(p<0.05), SE, PL, GB에서는 유의한 차이가 없었다(Fig. 4).

Table 3. Shear bond strength of 5 dentin adhesive systems

Bonding agents	Permanent : Mean(SD)		Primary : Mean(SD)	
	enamel*	dentin*	enamel*	dentin*
Scotchbond				
Multipurpose Plus	22.77(4.63) ^b	28.22(5.56) ^a	28.47(7.93) ^a	17.72(10.65) ^{ab}
Single bond 2	28.36(5.68) ^a	21.68(7.44) ^{ab}	28.18(6.84) ^a	15.48(2.66) ^{ab}
Clearfil SE Bond	21.74(4.62) ^b	20.13(9.88) ^{ab}	21.70(6.56) ^{bc}	28.72(14.44) ^a
Prompt L-pop	22.05(6.57) ^b	14.18(5.88) ^b	24.02(6.14) ^{ab}	20.10(6.13) ^{ab}
G-bond	15.60(6.75) ^c	14.30(6.81) ^b	17.70(6.68) ^c	10.10(5.45) ^b

* : p<0.05, by Kruskal-Wallis test

a, b, c: Values with same letter were not significantly different by Mann-Whitney test at P=0.05

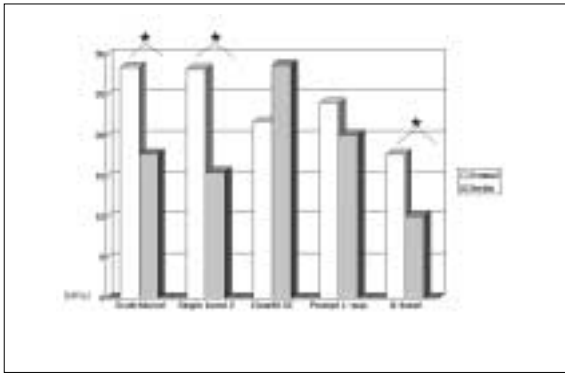


Fig. 1. Shear bond strength between the primary enamel and dentin.
* : $p < 0.05$, by Kruskal-Wallis test

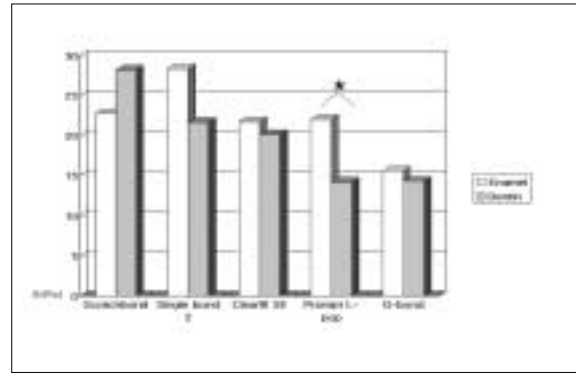


Fig. 2. Shear bond strength between the permanent enamel and dentin.
* : $p < 0.05$, by Kruskal-Wallis test

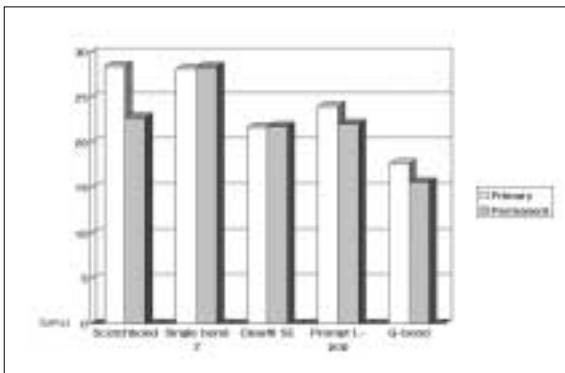


Fig. 3. Shear bond strength between the primary and permanent teeth on enamel.
* : $p < 0.05$, by Kruskal-Wallis test

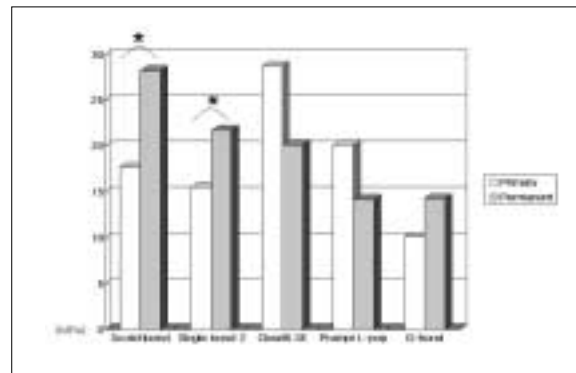


Fig. 4. Shear bond strength between the primary and permanent teeth on dentin.
* : $p < 0.05$, by Kruskal-Wallis test

IV. 총괄 및 고찰

최근 심미수복 수요의 증가로 복합레진과 같은 치료가 크게 늘어나고 있으며 그에 따른 물성의 증가로 다양한 제품들이 출시되어 임상에서 선택의 폭이 넓어졌다. 복합레진 수복의 성패는 복합레진의 중합과정에서 필연적으로 발생하는 중합수축과 이에 따른 응력에 의해 좌우되며 치질에 대한 효과적이고 내구성 있는 결합에 의존하고 있다.

법랑질에 대한 접착은 산 부식을 통해 표면의 미세 다공성을 부여하고 접착성 단량체가 침투해 미세기계적으로 유지됨으로써 임상적으로 신뢰할만한 수준에 이르렀다. 그러나 상아질은 많은 유기질을 포함하는 상아세관의 미세구조와 광화 및 흡윤의 정도에 따라 다양한 접착의 양태를 보이기 때문에 아직도 정확히 예측할 수 없는 구조로 남아있다. 상아질 표면의 전처리에 있어서 다양한 방법이 제시되고 있는데, 산 부식에 의해 도말층 및 표층 무기질을 제거하고 탈회된 표면에 단량체 분자를 침투시키는 접착방식과, 기능성(산성) 단량체를 이용해 표층의 도말

층을 녹이거나 변형시켜 직접 접착하는 방식이 일반적이다.

복합레진을 치면에 부착할 때 접착제의 결합강도가 약하면 복합레진의 경화 시 발생하는 중합수축에 의해 상아질 혹은 법랑질과 복합레진 사이에서 미세누출이 발생한다. 이렇게 발생된 미세누출은 타액과 미생물의 침투를 허용하게 되어 색소 침착 및 이차 우식이 발생하게 된다. 따라서 수복용 복합레진의 중합수축에 견디기 위한 상아질 접착제의 결합강도에 대해 Davidson 등⁴⁴⁾은 최소한 17~20 MPa 정도는 되어야 한다고 하였으며, Munksgaard 등⁴⁵⁾은 최소 17.6 MPa 정도의 결합력이 필요하다고 하였다.

상아질 접착제는 접착기전에 따라 여러 단계로 발전해 왔고 4세대 상아질 접착제부터는 인산으로 산 부식 처리 후 친수성 프라이머를 적용하여 향상된 접착력을 얻을 수 있었으며, 법랑질과 상아질의 일괄처리가 가능하게 되었다. 그러나 4세대 상아질 접착제의 경우 여러 단계의 술식을 거쳐야 하므로 사용에 다소 불편한 점이 있었고, 시술자에 따라 접착강도가 크게 차이를 보이는 문제가 제기되었다. Silverstone⁴⁶⁾은 여러 접착 과정

으로 타액 오염 가능성이 증가하여 접착강도가 감소할 수 있다고 보고하였으며, 타액이나 혈액으로 오염될 경우 다단계 접착 과정을 처음부터 반복해야만 하는 어려움이 있다. 또한 적절한 wet bonding을 위하여 처리한 상아질의 습윤 상태 차이가 접착강도와 술 후 민감성 등에 크게 영향을 줄 수 있다^{14,47)}. 이를 보완하기 위해서 산 부식제, 프라이머 및 접착 레진 등 3가지 성분을 부분적으로 결합시킨 5세대 상아질 접착제가 개발되었다.

5세대 상아질 접착제는 접착 술식 단계를 감소시켜 임상적용을 단순화할 수 있는 one-bottle system과 탈회된 교원섬유의 수축을 방지할 수 있는 자가부식형 프라이머가 있다. One-bottle system은 법랑질과 상아질을 한 번에 산 부식 처리한 후 프라이머와 접착 레진이 혼합된 용액으로 한 번에 처리하는 상아질 접착제이다. 자가부식 시스템은 산성의 기능성 모노머를 포함한 프라이머로 상아질과 법랑질을 한 번에 처리하여 산 부식 처리와 동시에 모노머를 상아질 내로 침수시킬 수 있는 상아질 접착제이다.

6세대 상아질 접착제에서는 부식제, 프라이머 및 접착 레진 등 3가지 성분 모두가 하나의 용액으로 혼합되어 있어 접착 술식을 더욱 단순화하였다. 이 접착제는 두 번 처리하는(2단계 자가부식 시스템) 자가부식형 프라이머와 구별하여 한 번만 처리하는(1단계 자가부식 시스템) 자가부식형 접착제이다. 최근 Freedmann⁴⁸⁾와 Dunn⁴⁹⁾은 이를 더욱 더 단순화하여 용액 두 개를 혼합하여 사용하는 6세대 자가부식형 접착제와 구별하여 혼합과정이 필요 없는 한 용기 안에 한 용액이 들어 있는 자가부식형 접착제인 i-bond(Kulzer, Germany)를 7세대 상아질 접착제라고 명명하였다. 6세대와 7세대 접착제는 모두 1단계 자가부식형 상아질 접착제로 산 부식 처리 후 수세와 건조 그리고 재 습윤 처리 과정 없이 산 부식과 동시에 레진 모노머가 상아질 내로 침투되므로 건조에 의한 교원 섬유 수축 가능성을 감소할 수 있으며 수세 후 건조과정이 필요하지 않기 때문에 상아질 표면에 수분이 과도하게 잔류하여 레진의 침투를 방해하거나 레진 내 수분이 함유되어 결합강도가 약화되지 않는다고 하였다.

자가부식형 상아질 접착제는 상아질 면에서 탈회 후 수세하지 않으므로 교원섬유에는 수산화 인회석이 부분적으로 잔류하여 혼성층 형성에 의한 접착뿐만 아니라 무기물에 대한 화학적 결합도 기대할 수 있어 산부식형 상아질 접착제 보다 변연적합성이 우수하다고 한다. 그러나 레진계 수복재료를 치아에 효과적으로 접착시키기 위한 접착제는 젖음성, 산도, 투과능 및 강도 등 여러 가지 특성이 요구되는데, 단일한 화학 성분으로 이러한 특성을 얻는다는 것은 매우 어렵다. 법랑질과 상아질을 일괄 처리하는 1단계 자가부식 시스템은 젖음성과 안정성 등이 다소 떨어지고 전체적인 접착 능력이 감소하는 것으로 보고되었다. 또한 Pashley⁵⁰⁾는 친수성인 1단계 자가부식 시스템은 물을 흡수하여 water-filled channels (water trees)을 형성할 수 있는데 이 경우 결합력은 매우 낮아진다고 하였다.

Fabianelli 등⁵¹⁾은 1단계 자가부식 시스템이 불안정한 산성 모노머와 법랑질을 산 부식 하기에 부적절한 산도를 가지고 있어서 법랑질 접착에는 효과적이지 않다고 지적하였고, Fritz와 Finger⁵²⁾는 상아질에서도 1단계 자가부식 시스템이 낮은 전단 결합강도를 보인다고 하였다.

6세대와 7세대 상아질 접착제에서는 도말층을 제거하지 않는 데, Barkmeier 등⁵³⁾은 도말층 제거과정 없이도 19.34 ± 3.1 MPa의 전단결합강도를 얻을 수 있다고 보고했지만, Watanabe 등¹⁶⁾은 도말층이 잔류하는 상아질에의 결합강도가 10.4 MPa이라고 보고하였으며 도말층은 접착레진에 의해 강화되더라도 아주 약한 구조이기 때문에 완전히 도말층을 제거하는 것을 추천하였다.

Ateyah²³⁾는 상아질에서 4가지 접착제를 실험한 결과 4세대가 가장 결합력이 높았으며 미세누출과 전단결합강도는 상관관계가 없었다고 하였다. Miyazaki 등¹¹⁾은 법랑질이 적절히 건조되지 않으면 self-etching primer의 법랑질에 대한 결합력이 낮았다고 하였다. All-in-one 접착 시스템인 자가산부식 접착 시스템에 대한 상아질과의 결합강도는 total-etch 접착시스템보다 낮은 결합강도를 보이며^{5,13)}, 2단계 자가산부식 프라이머 시스템보다도 낮거나 같다고 보고된 바 있다^{5,7)}.

Iwami 등³²⁾은 수분처리 방법에 따른 전단결합강도를 측정했는데 conditioning 후나 priming하기 전에 소량의 수분이 있어야 높은 전단결합 강도를 얻을 수 있지만 drying이 법랑질 표면에서는 결합력에 영향을 미치지 않는다고 하였다. Bouillaguet 등¹⁴⁾은 8가지 접착제의 결합력을 비교한 실험에서 4세대 접착제가 대부분의 one-step adhesive와 self-etching adhesive보다 높은 결합력을 나타낸다고 하였다.

본 연구에서는 강 등⁸⁾의 연구에서와 같이 유치 상아질에서 5세대인 SE가 가장 높은 결합력을 보였으며 7세대인 GB와 유의한 차이가 있었으나, 다른 세대의 접착제들과는 유의한 차이가 없었다.

Soderholm 등⁵⁶⁾은 4세대가 적용하기 더 어려움에도 불구하고 전단결합강도에 있어 7세대 보다 높다고 하였다. 구와 차⁹⁾의 영구치 상아질에 대한 연구에서도 산부식제를 따로 쓰는 5세대 one bottle system과 7세대 i-bond사이에 유의할만한 전단결합강도의 차이를 보였다. 본 실험에서도 영구치 상아질에서 4세대인 SM이 6, 7세대인 PL, GB와 유의할만한 결합강도 차이를 보였으며, 5세대인 SB, SE와 6, 7세대 간에는 유의한 차이가 없었다.

6세대 All-in-One system인 Prompt L-pop에 대해 Frey⁵⁷⁾는 기존의 방법보다 단축된 조작시간과 간편한 방법으로 높은 결합강도를 보인다고 하였고, 또 다른 연구에서는 산 부식을 하지 않았음에도 불구하고 전단강도실험에서 비슷하거나 더 나은 결과를 보이기도 했다. Frankenberger 등³⁵⁾은 6세대 상아질 접착제가 시술 시간의 단축뿐 아니라, 시술과정에서의 오류를 최소화 할 수 있다는 장점을 가지고 있다고 하였으며, 결합강도에 있어서도 4, 5세대와 유의한 차이가 없음을 보고하였다. 본

실험에서의 Prompt L-pop에 대한 결합강도는 유치 법랑질과 상아질, 영구치 법랑질에서는 4, 5세대와 차이가 없었으나, 영구치 상아질에서는 4세대와 유의한 차이를 보여, 6세대 접착제의 결합력이 약하다는 이전의 연구와 일치한다.

한편 본 실험에서는 유치 법랑질에서 SM이 가장 높은 결합력을 보였고 SM과 SB는 SE보다 통계학적으로 높은 전단결합강도를 보였고, SM과 SB, PL은 GB보다 높았으며 SE와 GB 간에는 유의한 차이가 없었다. 영구치 법랑질에서는 SB는 다른 접착제보다 유의하게 높은 결합력을 보였으나 SM, SE, PL 간에는 차이가 없었으며 GB는 다른 모든 접착제보다 낮은 결합력을 보였다.

최근 법랑질과 상아질의 접착력을 비교한 연구에서는 Atash와 Abbeele¹⁰⁾는 유치의 법랑질과 상아질에서 8가지 종류의 접착제의 결합강도를 실험에서 법랑질과 상아질 모두 Clearfil SE Bond가 가장 높은 전단결합강도를 나타냈고, 7세대인 i-bond는 낮은 접착력을 보였으며, 5개의 접착제는 상아질에 비해 법랑질에서 더 높았다고 하였다. Rosa 등¹⁵⁾은 상아질에 대한 접착력이 법랑질 접착력보다 낮았다고 하였다

본 실험에서도 유치의 법랑질과 상아질을 비교한 결과 SM, SB, GB에서는 법랑질이 상아질보다 유의하게 높은 결합력을 보였으나, SE와 PL에서는 법랑질과 상아질간에 유의한 차이가 없었다. 영구치의 법랑질과 상아질 비교에서는 PL에서 법랑질이 상아질보다 유의하게 높았으나, 다른 접착제에서는 유의한 차이가 없었다.

유치상아질에서 결합력이 낮은 요인 중의 하나는 절단평면을 표준화하기가 어렵고 충분한 접착면을 확보하기 위해서는 치수에 가까워질 수가 있기 때문이다. Hirayama⁵⁴⁾는 유치와 영구치의 관주상아질(peritubular dentin)과 관간상아질(intertubular dentin)의 칼슘 또는 인의 함량에는 차이가 없으나, 관주상아질이 유치가 영구치보다 2~5배정도 두껍고 유치의 관주상아질의 내면에 crystal sparse layer가 있다고 하였다. 관주상아질이 두꺼우면 관간상아질의 작아지게 되는데, 관간상아질은 혼성층(hybrid layer)이 생기는 중요한 부위이므로 유치의 상아질은 이 부분이 작아짐으로써 영구치 상아질보다 결합강도가 감소하게 되는 것이다.

유치와 영구치의 접착력을 비교한 연구에서 Salama와 Tao⁴³⁾는 Gluma를 상아질 접착제로 사용했을 때 유치가 영구치보다 결합력이 낮았는데 그 이유가 prepared dentin 두께의 차이 때문이라고 하였으며, Bordin-Aykroyd 등⁴⁰⁾도 3가지 접착제를 이용한 전단결합강도실험에서 영구치가 유치보다 통계적으로 높은 결합력을 보인다고 보고하였다. 그러나 Maezzo 등⁵⁸⁾은 일부 접착제는 유치가 영구치만큼의 결합력을 보인다고 하였다. Oesterle 등¹⁷⁾은 우법랑질의 결합력이 인간의 법랑질보다 21~44% 정도 낮았으며 우유치법랑질(deciduous bovine enamel)의 결합력이 우영구치법랑질보다 유의하게 컸다고 하였다.

본 실험에서 유치 법랑질과 영구치 법랑질을 비교한 경우에

는 모든 접착제에서 유의한 차이가 없었으나, 유치 상아질과 영구치 상아질을 비교했을 때 SM과 SB에서는 영구치가 유치보다 유의하게 큰 결합력을 보였으나 SE, PL, GB에서는 유치와 영구치 간에 유의한 차이가 없었다.

이번 연구 결과 유치 법랑질에서는 4세대 SM과 5세대 SB가 높은 결합강도를 나타냈으나 유치 상아질에서는 5세대인 SE가 높은 결합강도를 보였다. Clearfil SE Bond는 산부식과 프라이밍 과정을 한 번에 처리하는 것으로 수세과정이 없어 행동조절이 어려운 소아환자의 치료에 유리하며 다른 self-etching primer system과 비교 시에도 낮은 산도로 인해 높은 결합력을 보이고 있다.

영구치 법랑질에서는 5세대 SB가 높은 결합력을 보였고, 영구치 상아질에서는 4, 5, 6세대간에 유의한 차이가 없었다. 따라서 임상에서 상황에 맞게 적절한 상아질 접착제를 사용하면 보다 높은 결합력을 얻을 수 있을 것이다. 그러나 유치와 영구치 법랑질과 상아질을 대상으로 한 본 연구에서 사용이 7세대 접착제인 GB는 사용이 편리하다는 장점이 있으나 결합력이 전반적으로 낮은 것으로 나타났기 때문에, 앞으로도 7세대 접착제의 결합력을 증가시키기 위한 더 많은 연구와 노력이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 최근에 개발된 치과용 접착제를 대상으로 유치와 영구치의 법랑질과 상아질에 대한 결합력 비교 평가하여 임상에서 상아질 접착제를 적절하게 선택하는데 도움을 주고자 시행하였으며, 실험재료로 Adper Scotchbond Multi-purpose Plus Adhesive (SM; 3M ESPE, USA), Adper Single bond 2 (SB; 3M ESPE, USA), Clearfil SE Bond (SE; Kuraray Medical Inc., Japan), Adper Prompt L-Pop (PL; 3M ESPE, USA), G-Bond (GB; GC Cooperation Toyko, Japan)를 이용하여 전단결합강도를 평가한 뒤 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유치 법랑질에서 전단결합강도는 SM이 28.47 ± 7.93 MPa로 가장 높았고 SB (28.18 ± 6.84), PL (24.02 ± 6.14), SE (21.70 ± 6.56), GB (17.70 ± 6.68) 순이었다. SM과 SB는 SE보다 통계적으로 유의하게 높은 결합강도를 보였으며, SM, SB, PL은 GB보다 높았다 ($p < 0.05$).
2. 유치 상아질에서 전단결합강도는 SE가 28.72 ± 14.44 MPa로 가장 높았고, PL (20.10 ± 6.13), SM (17.72 ± 10.65), SB (15.48 ± 2.66), GB (10.10 ± 5.45) 순이었으며, SE와 GB간에는 유의한 차이가 있었으나, 다른 군들 간에는 유의한 차이가 없었다.
3. 영구치 법랑질에서의 전단결합강도는 SB가 28.36 ± 5.68 MPa로 가장 높았고 SM (22.77 ± 4.63), PL (22.05 ± 6.57), SE (21.74 ± 4.62), GB (15.60 ± 6.75) 순이었다.

SB는 다른 접착제보다 통계적으로 유의하게 높은 결합력을 나타냈으며, GB는 가장 낮은 결합력을 보였다 ($p<0.05$).

4. 영구치 상아질에서의 전단결합강도는 SM이 28.22 ± 5.56 MPa로 가장 높았고, SB (21.68 ± 7.44), SE (20.13 ± 9.88), GB (14.30 ± 6.81), PL (14.18 ± 5.88) 순이었으며, SM은 PL, GB와 유의한 차이가 있었다 ($p<0.05$).
5. 유치의 법랑질과 상아질 간에는 SM, SB, GB에서 유의한 차이가 있었고, 영구치 법랑질 과 상아질 간에는 PL에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).
6. 유치 법랑질과 영구치 법랑질 간에는 모든 접착제에서 유의한 차이가 없었으나, 유치 상 아질과 영구치 상아질 간에는 SM과 SB에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

참고문헌

1. Buonocore M : A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res, 34:849-853, 1955.
2. 엄정문 : Present status of conservative esthetic restoration. 대한치과의사협회지, 40:572-580, 2002.
3. Kanca J 3rd : Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. Am J Dent, 5:213-215, 1992.
4. Gwinnett AJ : Dentin bond strength after air drying and rewetting. Am J Dent, 7:144-148, 1994.
5. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, et al. : Micro-tensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. J Adhesive Dent, 3:237-245, 2001.
6. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, et al. : Bond strength of composite to dentin using conventional one-step and self-etching adhesive system. J Dent, 29:55-61, 2001.
7. De Munk J, Van Meerbeek B, Inoue S, et al. : Micro-tensile bond strength of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. Am J Dent, 16:414-420, 2003.
8. 강선희, 김대엽, 이광희 : 유치 상아질에 대한 수종의 상아질 결합제의 전단결합강도에 대한 연구. 대한소아치과학회지, 32(2):293-299, 2005.
9. 구재홍, 차현석 : 7세대 상아질 접착제(i-bond)의 전단 결합강도. 대한치과의사협회지, 43(11):720-727, 2005.
10. Atash R, Abbeele AVD : Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine : an in vitro study on bovine primary teeth. Int J Paediatr Dent, 15:264-273, 2005.
11. Miyazaki M, Hirohata N, Takagaki K, et al. : Influence of self-etching primer drying time on enamel bond strength of resin composites. J Dent, 27:203-207, 1999.
12. Fukushima T, Inoue Y, Miyazaki K, et al. : Effect of primers containing N-methylolacrylamide or N-methylolmethacrylamide on dentin bond durability of a resin composite after 5 years. J Dent, 29:227-234, 2001.
13. Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MRO : Evaluation of microtensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems, Dent Mater, 14:394-398, 1998.
14. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, et al. : Bond strength of composite to dentin using conventional one-step and self-etching adhesive systems. J Dent, 29:55-61, 2001.
15. Rosa BT, Perdigao J : Bond strengths of nonrinsing adhesives. Quintessence Int, 31:353-358, 2000.
16. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH : Bonding to ground dentin by a phenyl-p self-etching primer. J Dent Res, 73:1212-1220, 1994.
17. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK : The use of bovine enamel in bonding studies. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 114(5):514-9, 1998.
18. Miyazaki M, Sato M, Onose H : Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. Oper Dent, 25(2):75-80, 2000.
19. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, et al. : Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. Dent Mater J, 23(4):550-6, 2004.
20. Dong CC, McComb D, Anderson JD, et al. : Effect of mode of polymerization of bonding agent on shear bond strength of autocured resin composite luting cements. J Can Dent Assoc, 69(4):229-34, 2003.
21. 박헌동, 이난영, 이창섭 : 접착제의 다층 적용이 복합레진의 전단 결합강도에 미치는 영향. 대한소아치과학회지 33(3):377-387, 2006.
22. Naughton WT, Latta MA : Bond strength of composite to dentin using self-etching adhesive systems. Quintessence Int, 36(4):259-62, Apr, 2005.
23. Ateyah NZ, Elhejazi AA : Shear bond strengths and microleakage of four types of dentin adhesive materials. J Contemp Dent Pract, 5(1):63-73, 2004.
24. Moll K, Fritzenschaft A, Haller B : In vitro comparison of dentin bonding systems. effect of testing

- method and operator. *Quintessence Int*, 35:845-852,
25. 이상엽, 이광희, 김대업 : 7세대 결합제의 미세누출에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 33(3):422-428, 2006.
 26. Jung MK, Cho BH, Son HH : Effect of additional coating of bonding resin on the microtensile bond strength of self-etching adhesives to dentin. *대한치과보존학회지*, 31(2):103-112, 2006.
 27. 손성애, 허복 : All-in-one adhesive의 다층 적용이 미세 인장결합강도에 미치는 영향. *대한치과보존학회지*, 29(5):423-429, 2004.
 28. Kim SY, Lee IB, Cho BH, et al. : Dentin bond strength of bonding agents cured with light emitting diode. *대한치과보존학회지*, 29(6):504-514, 2004.
 29. 조영근, 기영재 : 상아질에 대한 단일 단계 접착제의 미세 인장 결합강도. *대한치과보존학회지*, 32(4):312-318, 2005.
 30. Kaaden C, Powers JM, Friedl KH, et al. : Bond strength of self-etching adhesives to dental hard tissues. *Clin Oral Invest*, 6:155-160, 2002.
 31. Huang MS, Li MT, Huang FM, et al. : The effect of thermocycling and dentine pre-treatment on the durability of the bond between composite resin and dentine. *J Oral Rehabil*, 31(5):492-9, 2004.
 32. Iwami Y, Yamamoto H, Kawai K, et al. : Effect of enamel and dentin surface wetness on shear bond strength of composites. *J Prosthet Dent*, 80(1):20-6, 1998.
 33. Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A : Technical sensitivity of dentin bonding: effect of application mistake on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent*, 5:324-330, 2000.
 34. Fritz UB, Diedrich P, Finger WJ : Self-etching primer: an alternative to the conventional acid etch technique *J Orofac Orthop*, 62:238-245, 2001.
 35. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, et al. : 'No-bottle' vs 'multi-bottle' dentin adhesives—a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater*, 17:373-380, 2001.
 36. Swift EJ, Wilder AD, May KN, et al. : Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Oper Dent*, 22:194-199, 1997.
 37. Gernhardt CR, Bekes K, Fechner K, Schaller HG : The influence of human plasma used for in vitro dentin perfusion on microtensile bond strength of 5 self-conditioning dentin adhesives. *Quintessence Int*, 37(6):429-35, 2006.
 38. Xu X, Sandras DA, Burgess JO : Shear bond strength with increasing light-guide distance from dentin. *J Esthet Restor Dent*, 18(1):19-27, 2006.
 39. 홍상진, 박중휘, 박현동 등 : 유치에서 All-in-One system의 적용 시간과 적용 횟수에 따른 전단 결합강도 및 혼성층의 형성에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 30(2):263-271, 2003.
 40. Bordin-Aykroyd S, Sefton J, Davies EH : In vitro bond strengths of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. *Dent Mater*, 8:74-78, 1992.
 41. Koutsi V, Noonan RG, Horner JA, et al : The effect of dentin depth on the permeability and ultrastructure of primary molars. *Pediatr Dent*, 16:29-35, 1994.
 42. Jumlongras D, White GE : Bond strengths of composite resin and compomers in primary and permanent teeth. *J Clin Pediatr Dent*, 21(3):223-229, 1997.
 43. Salama FS, Tao L : Comparison of Gluma bond strength to primary vs. permanent dentition. *Pediatr Dent*, 13:163-166, 1991.
 44. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A : The competition between the composite-dentin bond strength and polymerization contraction stress. *J Dent Res*, 63:1396-1399, 1984.
 45. Munksgaard EC, Irie M, Asmussen E : Dentin-polymer bond prompted by Gluma and various resins. *J Dent Res*, 64:1409-1411, 1985.
 46. Silverstone LM : State of the art on sealant research and priorities for future research. *J Dent Educ*, 48:107-118, 1984.
 47. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SHY : Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single bottle primer/adhesives. *Dent Mater*, 12:236-244, 2001.
 48. Freedmann G : Seventh-Generation Adhesive systems. *Dent Today*, 21(11):106-111, 2002.
 49. Dunn JR : i-bond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend contin Educ Dent*, 24:14-18, 2003.
 50. Pashley DH : The evolution of dentin bonding. *Dent Today*, 22:112-119, 2003.
 51. Fabianelli A, Kugel G, Ferrari M : Efficacy of self etching primers on sealing margins of class II restorations. *Am J Dent*, 16(1):37-41, 2003.
 52. Fritz UB, Finger WJ : Bonding efficiency of single

- bottle enamel/dentin adhesive. *Am J Dent*, 12:277-282, 1999.
53. Barkmeier WW, Los SA, Triolo Jr PT : Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner bond 2. *Am J Dent*, 8:289-293, 1995.
54. Hirayama A : Experimental analytical electron microscopic studies on the quantitative analysis of elemental concentrations in biological thin specimens and its application to dental science. *Shikwa Gahuko*, 90:1019-1036, 1990.
55. Nor JE, Feigel RJ, Dennison JB, et al. : Dentin bonding : SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 75:1396-1403, 1996.
56. Soderholm KJ, Guelmann M, Bimstein E : Shear bond strength of one 4th and 7th generation bonding experiences. *J Adhes Dent*, 7:57-64, 2005.
57. Frey O : Creating a reliable bond. A all-in-one system. *Am J Dent*, 13:85-87, 2000.
58. Mazzo N, Ott NW, Hondrum SO : Resin bonding to primary teeth using three adhesive systems. *Ped Dent*, 17:112-5, 1995.

Abstract

THE SHEAR BOND STRENGTH OF DENTAL ADHESIVES ON
PRIMARY AND PERMANENT TEETH

Jin-Young Choi, Nam-Ki Choi, Yeong-Joon Park*, Choong-Ho Choi**, Kyu-Ho Yang

*Department of Pediatric Dentistry, Department of *Dental Materials, and **Department of Preventive Dentistry,
School of Dentistry, Chonnam National University, Dental Research Institute and Second stage of BK21*

The objective of this study was to compare the shear bond strengths of five adhesive systems to the enamel and dentin of primary and permanent teeth.

Fifty noncarious primary and fifty permanent teeth were collected and stored in an 0.1% thymol solution at room temperature after extraction. The tested adhesives were: Adper Scotchbond Multi-purpose Plus Adhesive (SM) Adper Single bond 2 (SB), Clearfil SE Bond (SE), Adper Prompt L-Pop (PL), G-Bond (GB). For the shear bonding test, the labial and lingual surfaces of primary and permanent teeth were used. To obtain a flat surface, the labial and lingual surfaces of the teeth were sanded on SiO₂ with number 600 grit and then divided into 20 groups of 10 surfaces each. All samples were thermocycled in water 5°C and 55°C for 1000 cycles.

The results were as follows:

1. For primary enamel, shear bond strengths of SM and SB were significantly higher than that of SE and also SM, SB, and PL were higher than GB($p < 0.05$).
2. For primary dentin, there were no significant differences among the shear bond strengths of any other bonding systems except difference between SE and GB.
3. For permanent enamel, SB showed significantly higher mean shear bond strength than those of any other bonding systems($p < 0.05$).
4. For permanent dentin, SM showed significantly higher mean shear bond strength than that of PL and GB($p < 0.05$).
5. Between the primary enamel and dentin, there were significant differences in SM, SB, and GB, whereas there was statistically significant difference in PL between the permanent enamel and dentin($p < 0.05$).
6. Between the primary and permanent teeth on enamel, there were no significant differences among all bonding systems, whereas there were statistically significant differences in SM and SB between the primary and permanent teeth on dentin($p < 0.05$).

Key words : Composite resin, Dental adhesive system, Shear bond strength